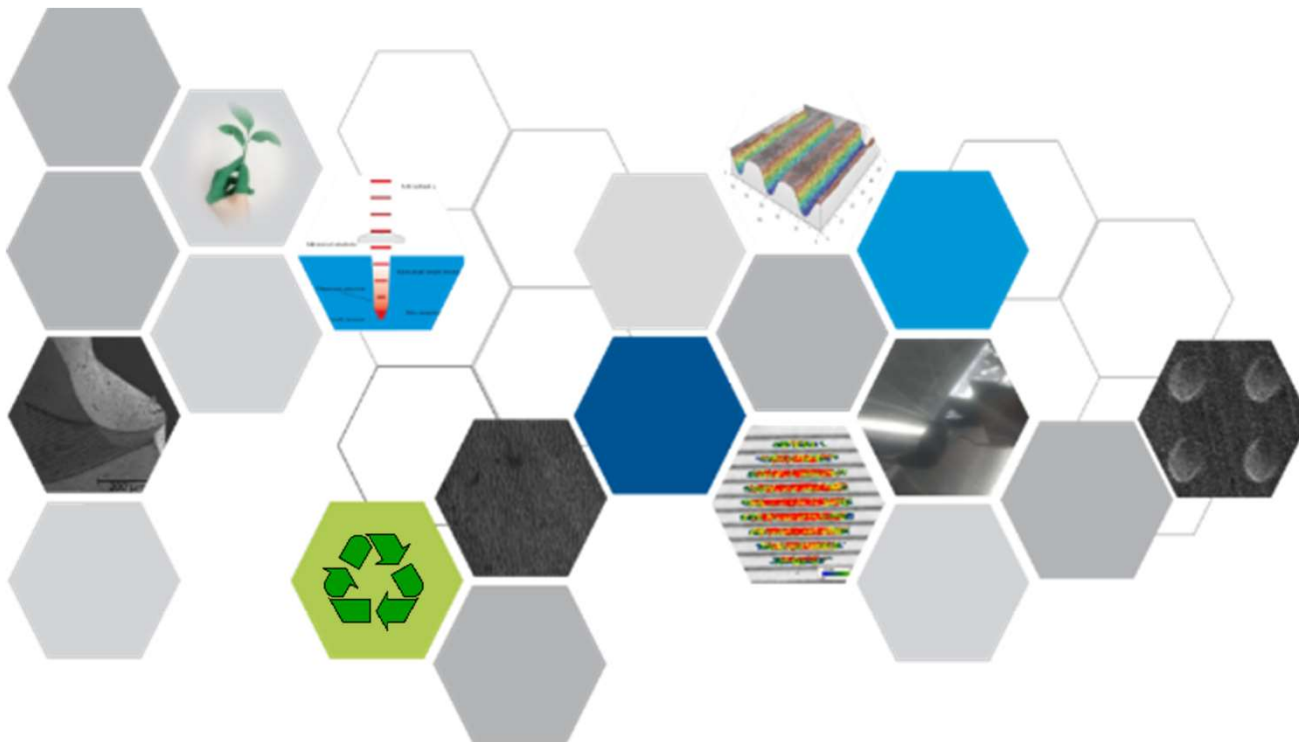


Recherche au sein du groupe PRISM

Piloter la conception de produits microtechniques par les procédés, les surfaces et les matériaux





Présentation de l'équipe PRISM

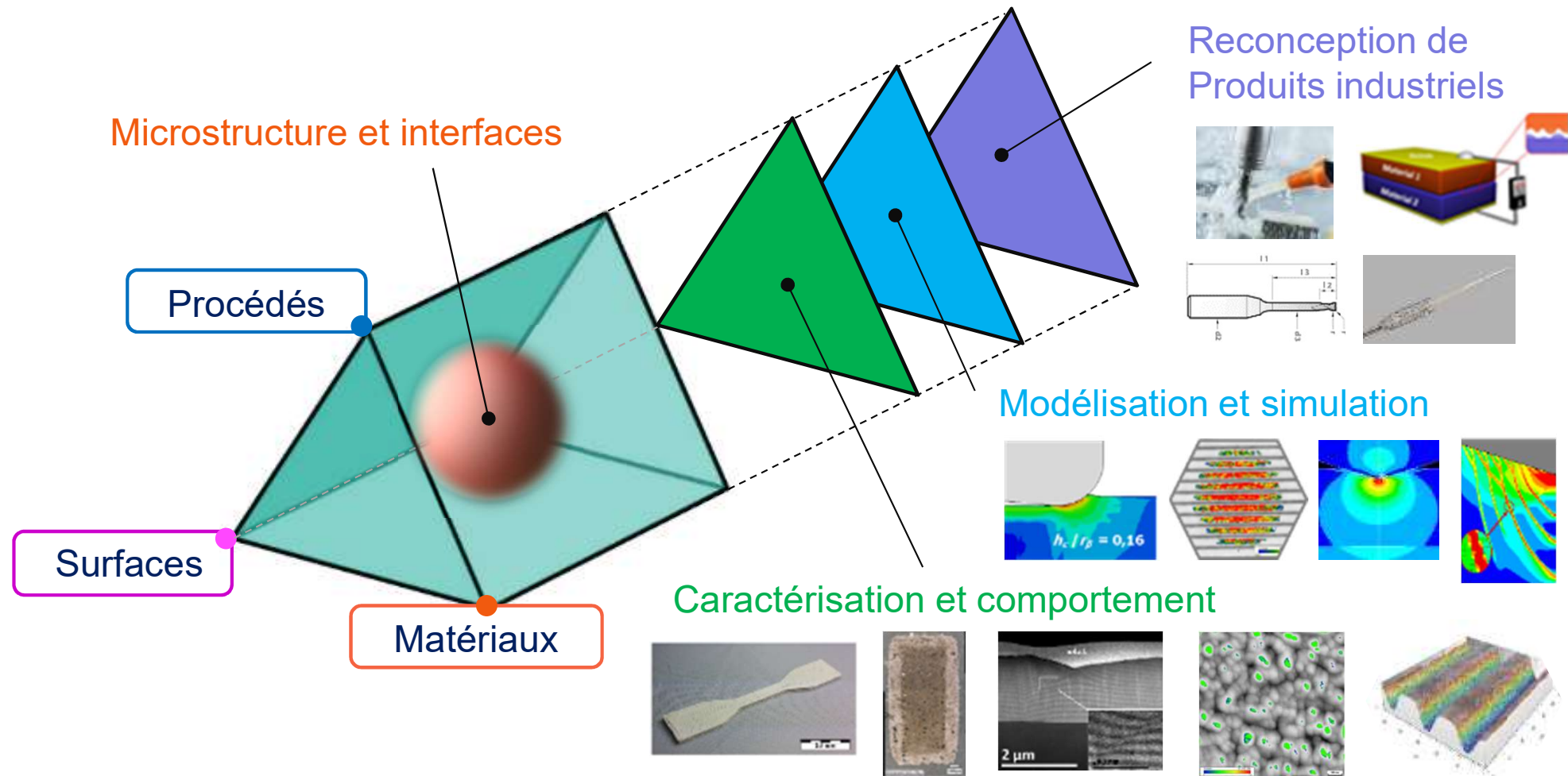
PRocédés de fabrication et Interactions Surfaces et Matériaux



Approche de recherche du groupe PRISM

Objectif scientifique général du groupe :

Améliorer la compréhension du lien procédé-surface-matériau, de la microstructure des matériaux aux produits industriels.



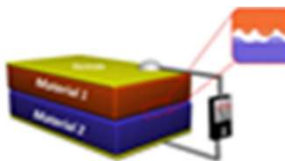
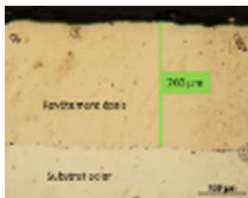
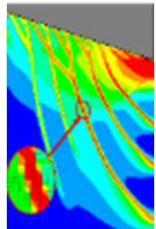
Approche de recherche du groupe PRISM

Objectif scientifique général du groupe :

Améliorer la compréhension du lien procédé-surface-matériau, de la microstructure des matériaux aux produits industriels.

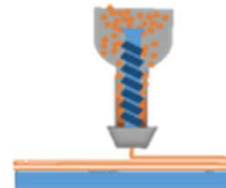
Cette approche permet d'analyser et d'optimiser des dispositifs techniques dans une démarche de conception multi-échelle et multi-contrainte. Les systèmes ciblés sont des pièces mécaniques à forte valeur ajoutée, pour lesquelles peut être envisagée une reconception en vue d'une intégration au sein d'une industrie compétitive, durable et responsable.

Les sujets actuels d'étude sont :



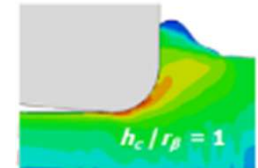
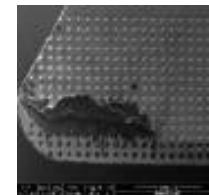
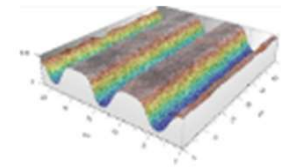
Dispositifs architecturés :

revêtements multi-couches, dispositifs médicaux implantables, capteurs tribo-électriques



Pièces en polymères chargés :

poudre métallique, matériaux recyclés / biosourcés, injectés/imprimés, MIM-Like, enchaînement additif/soustractif



Outils coupants et assistances écoresponsables :

outils fonctionnalisés (revêtus / texturés), éco-lubrifiants, micro-outils et micro-coupe

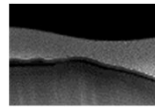
Moyens et savoir-faire

Moyens sur 3 plateformes

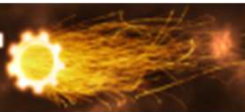
AMETISTE



SURFACE



MIFHyST



L'équipe utilise majoritairement les moyens expérimentaux de 3 plateformes de bisontines :

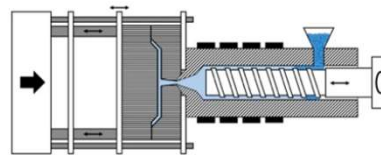
Caractérisation mécanique des matériaux et surfaces

Elaboration et caractérisations de couches minces

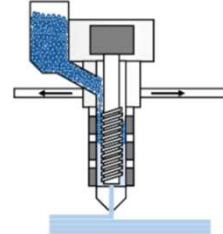
Microfabrication et Métrologie sans contact

L'équipe possède un savoir-faire étendu en fabrication et en développement d'outils expérimentaux et numériques (banques d'essais, codes, modèles)

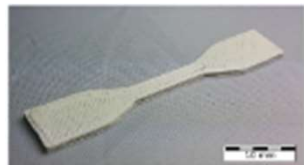
Injection plastique



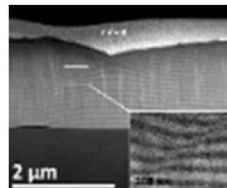
Impression 3D type PAM



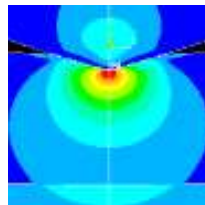
Usinage : coupe, μ -coupe et texturation laser



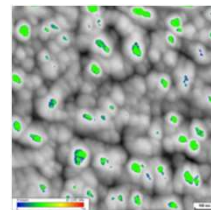
Rhéologie



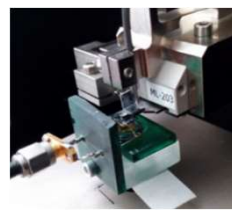
Nano-indentation



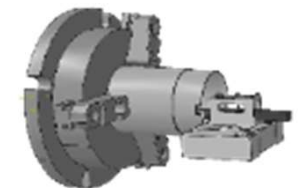
Identification



Contact et Tribologie



Topographie



Coupe instrumentée

Positionnement et collaborations

- En région :



PMDM Dijon, Sévenans



Equipe SRS



LaBoratory of Materials and Processes

Equipe UGV

Lien direct avec la pédagogie :

- Options MIND et MSF à l'ENSMM
- Master Génie Mécanique – Parcours Procédés et Matériaux



femto-st
SCIENCES & TECHNOLOGIES



Laboratoire Interdisciplinaire
Carnot de Bourgogne
LERMPS



Positionnement et collaborations

- Réseau français :

Réseau Manufacturing'21

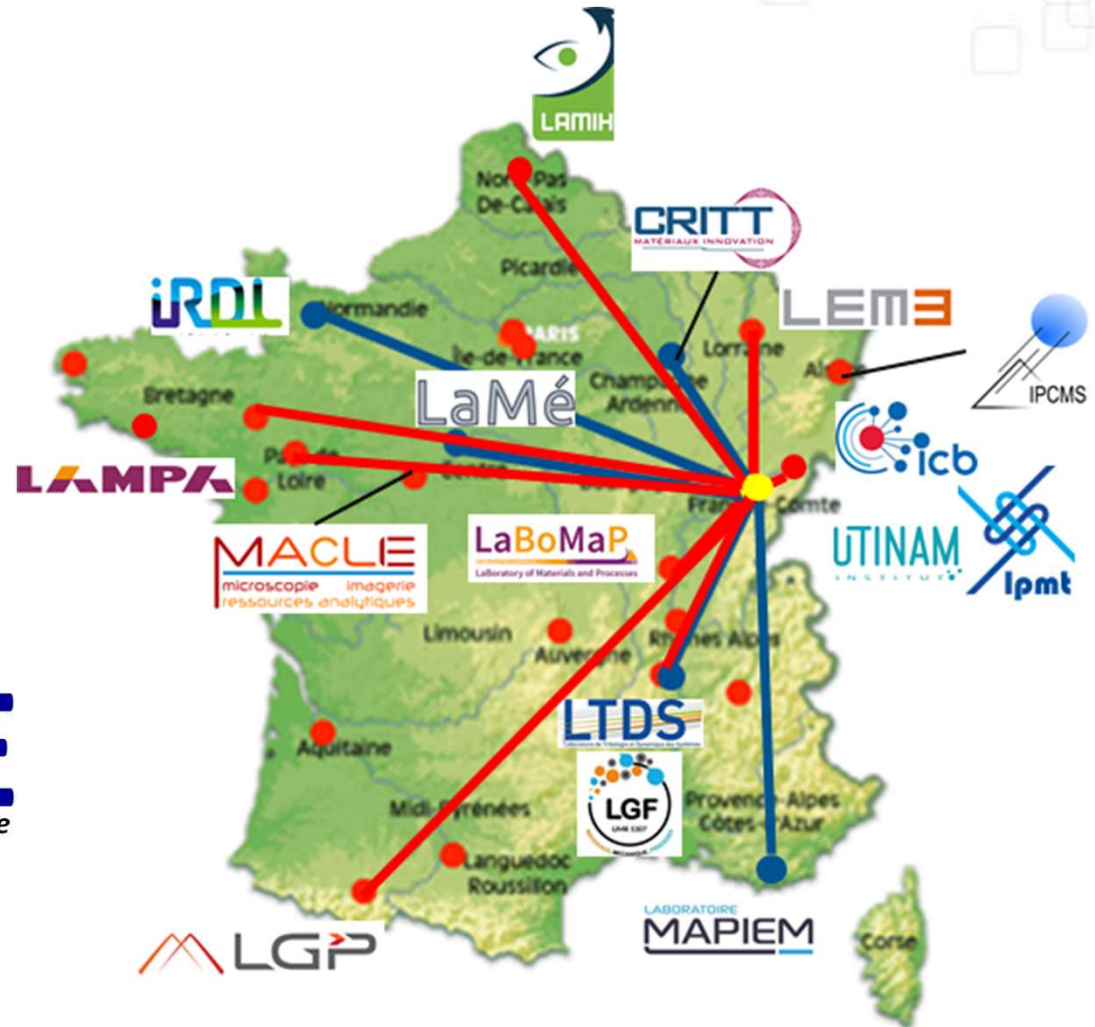
Pôles Polymeris, Microtechniques

Groupe indentation multi-échelle

GDR B2i (bio-ingénierie des surfaces)



Pôle des Microtechniques

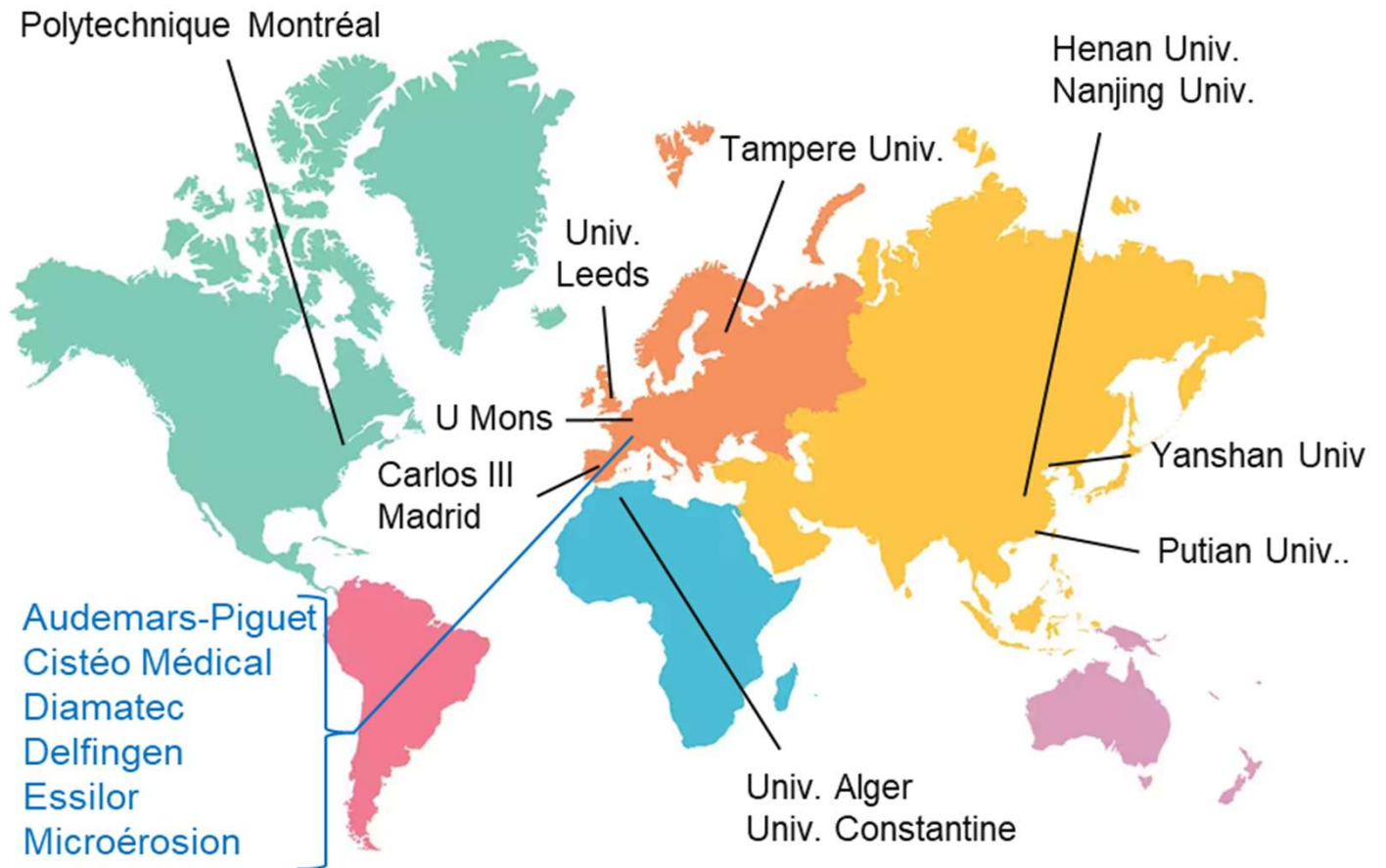


Positionnement et collaborations

- Réseau international :



WorldPM





Piloter la conception par le « PRISM »

Exemples de projets récents ou en cours



Projet en fabrication additive PAM

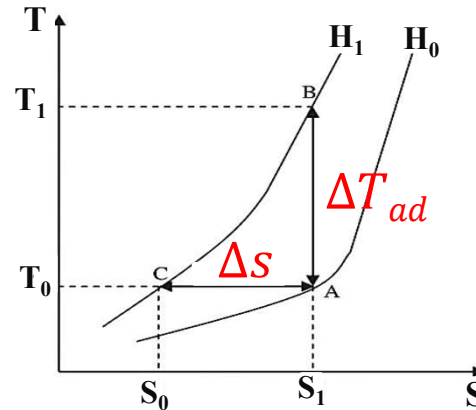
Développement d'un feedstock chargé de poudre magnétocalorique pour l'impression 3D

anr[®]

IDEX I-SITE UBFC



T. Barrière
L. Hirsinger
T. De
Larochelambert
F. Niang



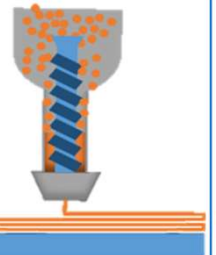
Température vs. Entropie à champ magnétique constant

Filaments



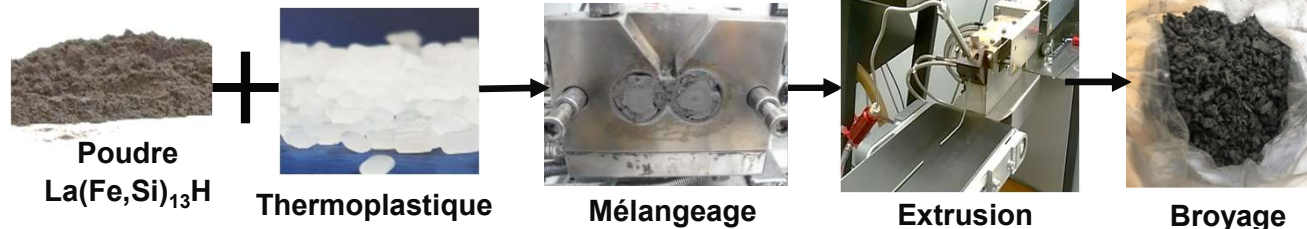
Granulés

→ PAM

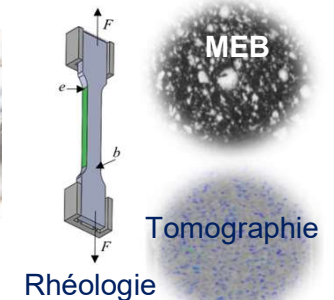


- Plusieurs thèses sur ces sujets
- Projet COMPROMAG
- Collaboration avec le pôle Polymeris

➤ Développement des granulés



➤ Caractérisation



➤ Définition de critères

CSL : Charge vol. critique de poudre

φ_{op} : Charge vol. optimale de poudre

$\overline{M_{Fi}}$: Couple de mélangeage moyen

ΔM_{Fi} : Variation de couple

Maximiser l'index d'injectabilité α

$$\alpha = \frac{1}{\eta_0} \left| \frac{\partial \log \eta}{\partial \log \dot{\gamma}} \right| / \left(\frac{\partial \log \eta}{\partial (1/T)} \right) = \frac{1}{\eta_0} \frac{1-n}{E_a/R}$$

Minimiser le critère de compatibilité rhéologique pour l'impression (RAMS)

$$RAMS = \frac{1}{3} \left(\frac{(1/\varphi_{op})}{(1/\varphi_{op})_{max}} + \frac{(1/\overline{M_{Fi}})}{(1/\overline{M_{Fi}})_{max}} + \frac{\Delta M_{Fi}}{\Delta M_{Fi_{max}}} \right)$$

Projet en MIM (Metal Injection Molding)

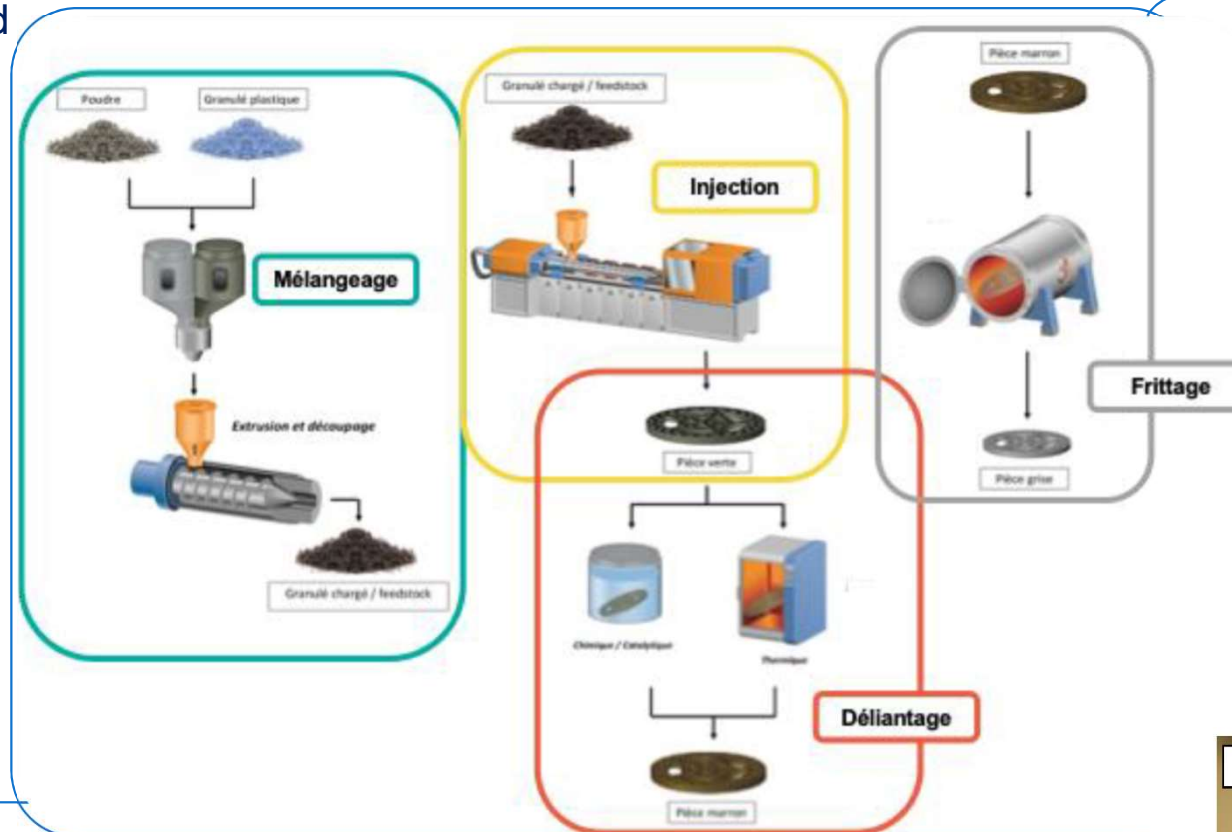
Élaboration et densification de pièces en laiton par MIM : Maîtrise de sa chimie à son intégrité structurale 3D



T. Barrière
F. Bernard

A. Brenière

- Production de pièces en laiton pour le luxe
- Partenariat avec Microérosion
- Collaboration avec l'ICB Dijon
- IDEMO régional

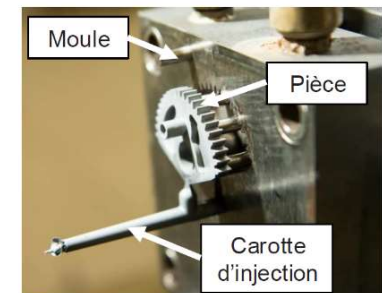


Problème :

Inadaptation des procédés actuels pour la grande série de pièces complexes
Minimisation des pertes matières



Process soustractif traditionnel appliqué au laiton : Présence de copeaux (déchets)



Moulage par injection de poudre métallique : Pièce post injection

Verrous scientifiques

Trouver mélange de liants et de poudres optimale pour une bonne injection / **Densification maximale** des poudres (compromis entre porosité faible et bonne propriété mécanique) / **Perte du Zinc** lors du frittage (évaporation) / **Minimiser le carbone résiduel** afin de conserver les propriétés de l'alliage

Projet en fabrication hybride

Étude de l'enchainement de procédés additifs-soustractifs pour les composants en polymères chargés biosourcés

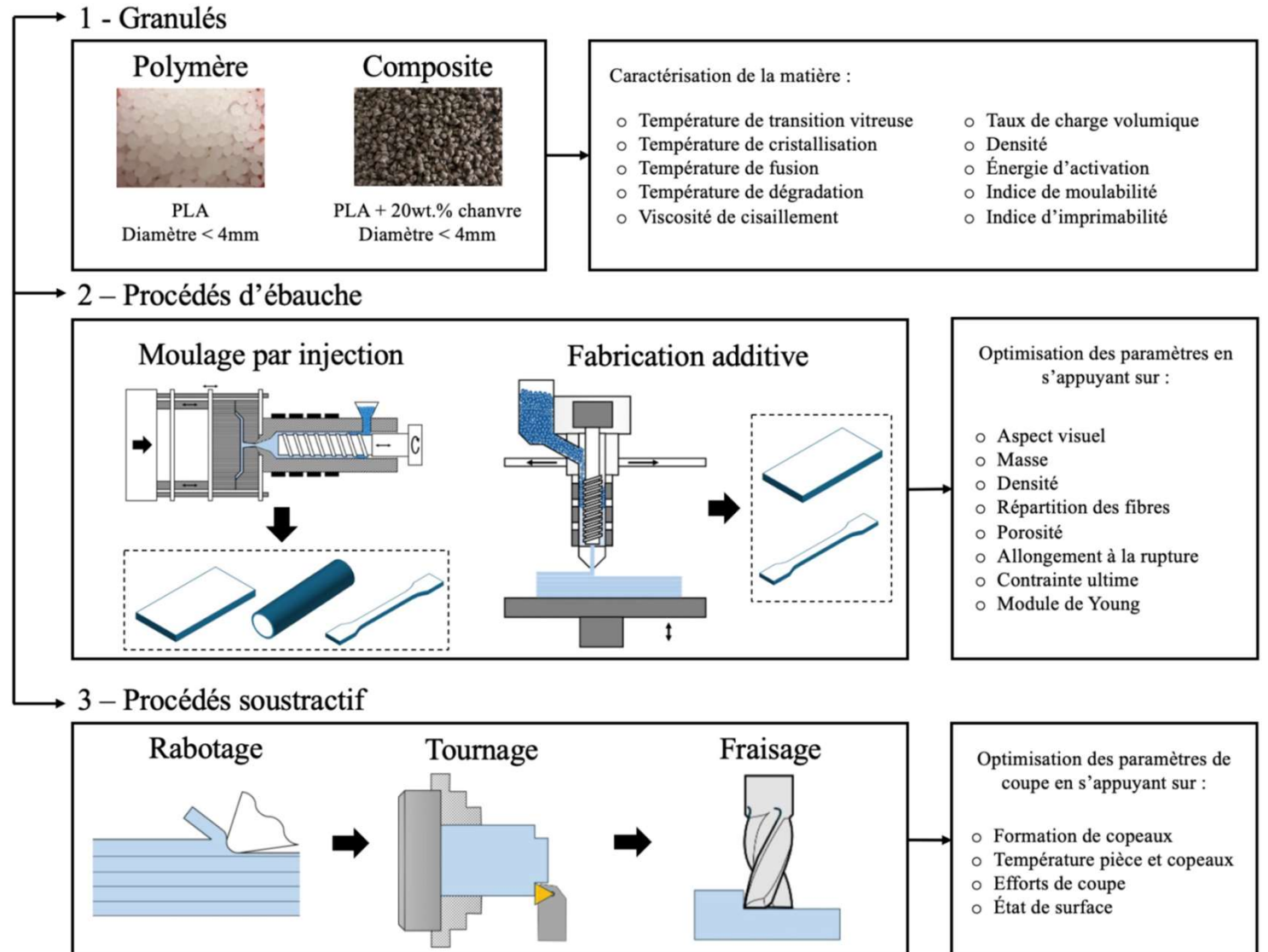


Liam Cloëz

M. Fontaine
T. Barrière
A. Gilbin

- Impacts environnementaux plus limités
- Collaboration avec l'équipe de F. Ducobu (U-Mons)

Nouvelle machine PAM



Projet en lubrification verte

Développement d'un fluide de coupe sans huile à base de molécules solvatées dans l'eau



X. Roizard
M. Fontaine
F. Lallemand

Thibaud Walker

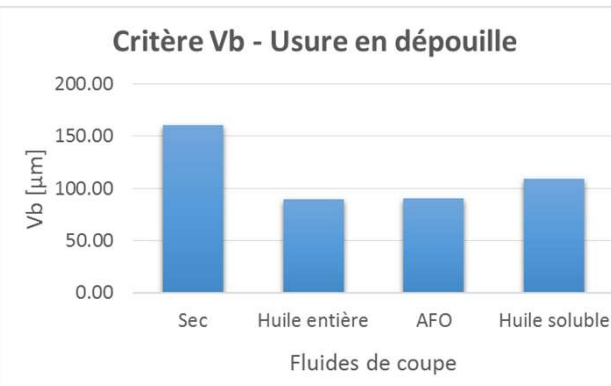
- Thèse ICE BFC
- Collaboration avec l'équipe ECTO et l'institut UTINAM
- Brevet CIPELIA / Unil Opal

Test de l'Ecofluide en tournage et fraisage en 2026

Liam Cloëz



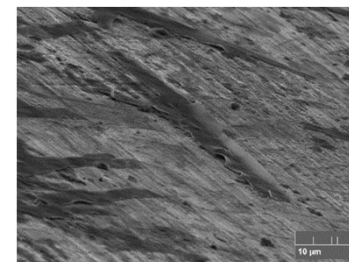
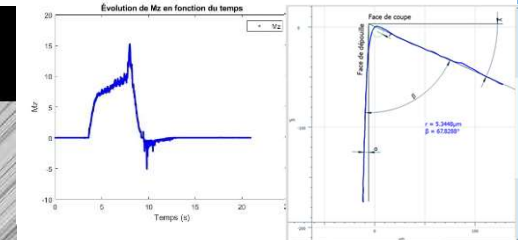
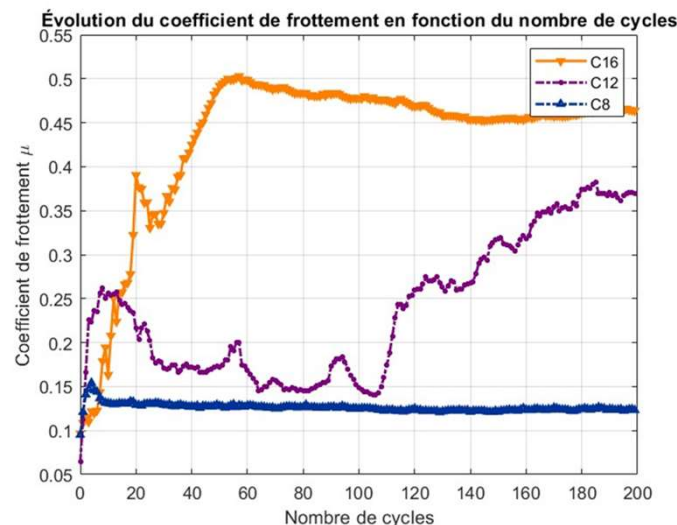
Travaux préliminaires en tournage



Felipe Rahn

Test de nouvelles formulations (synthèse, bactéries, corrosion, tribologie)

Développement d'une procédure de qualification en taraudage



Soutenance cet automne 2026

Projet en fonctionnalisation d'outils

Texturation 3D d'outils coupants pour l'amélioration tribologique de l'usinage de matériaux à faible usinabilité



M. Fontaine
L. Carpentier
A. Gilbin

Baptiste Cultien

- Maîtrise des coûts et des impacts
- Thèse ICE BFC
- Collaboration avec le LAMPA Angers et le LGP Tarbes

Suite de travaux sur la texturation de plaquettes de décolletage



Hasnaa
Meliani

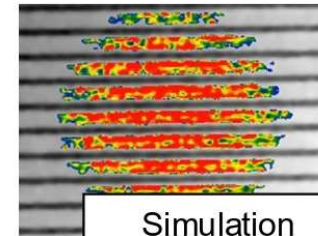


Revêtement chimique

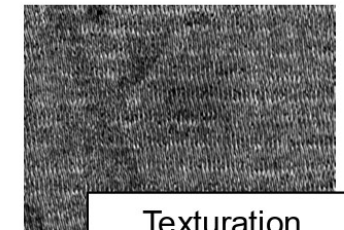
- Avantages :
 - Facile à mettre en œuvre
- Inconvénients :
 - Energivore
 - Polluant
 - Limites géométriques

Texturation par LASER

- Avantages :
 - Haute précision
 - Rapidité
- Inconvénients :
 - Investissement lourd
 - Réglages difficiles



Simulation



Texturation



Essais d'usinage

Prédire
Réaliser
Tester
Appliquer



Usinage



μ-usinage



Fabrication
hybride



Assistances
à l'usinage

Nouveaux
lubrifiants

Projet en reconception de Dispositifs Médicaux

Optimisation du design d'un stent par une approche pilotée par la topographie



P. Stempfélé
M. Fontaine
F. Richard
P. Malécot
A. Lejeune

Achref Sallami

- France Relance
- Format Post-doc
- Collaboration avec CISTEO et l'IDRL
- Recruté à Cistéo

Application de la théorie du contact de Persson



Tribology Gold Medal 2023

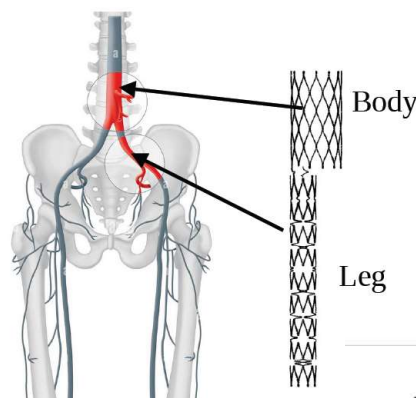


UNIVERSITÉ DE
FRANCHE-COMTÉ

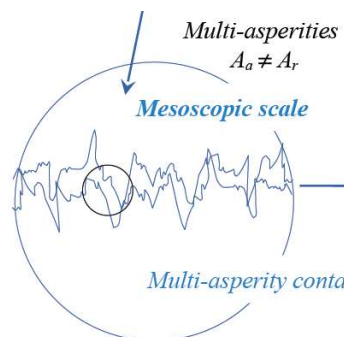


IRDL
Institut de Recherche Dupuy de Lôme

Université
Bretagne Sud
UBS



- A_r doit être minimale à l'interface stent/cathét
- A_r doit être maximale à l'interface veine/ster



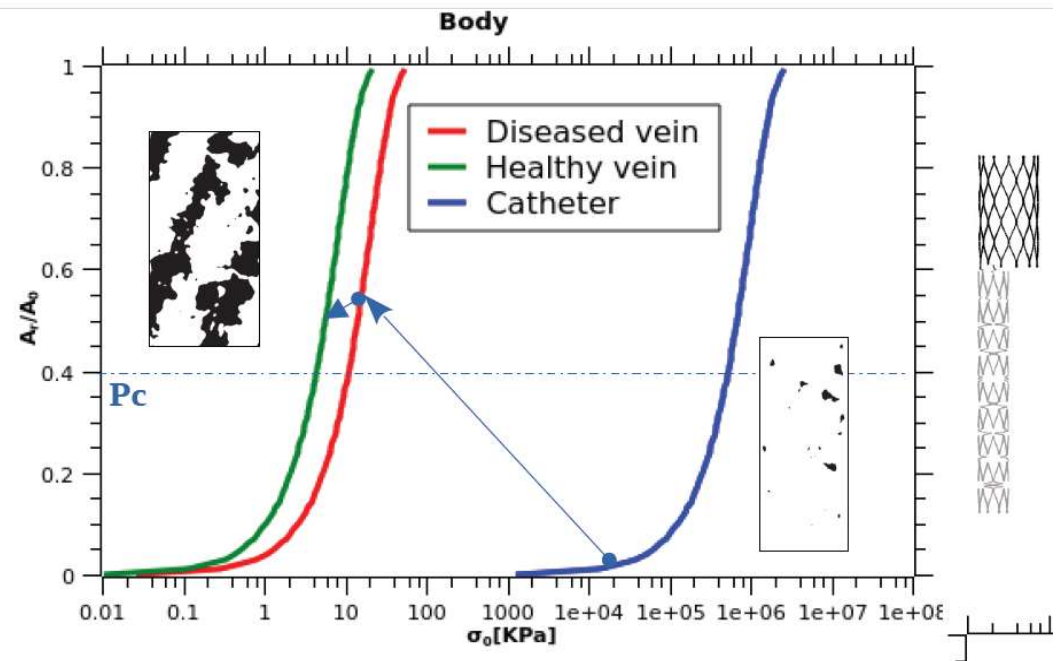
Comportements tribologique d'un nouveau type de Stent à bifurcation en Nitinol super-élastique dans le système veineux et dans le cathéter

Vs sténoses veineuses (veines cave, iliaque, bifurcations)



$\sigma_0 \leq 5 \text{ kPa}$ (respect des cellules)

Seuil de percolation $P_c \approx 0.4$



Projet en reconception de capteurs

Développement de capteurs triboélectriques auto-alimentés (S-TENG)



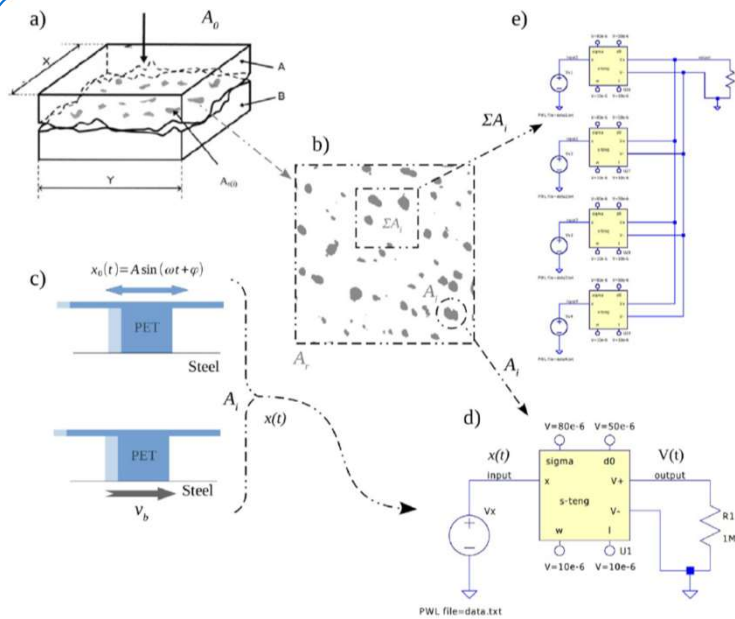
P. Stempflié



N. Ratier

Objectif :

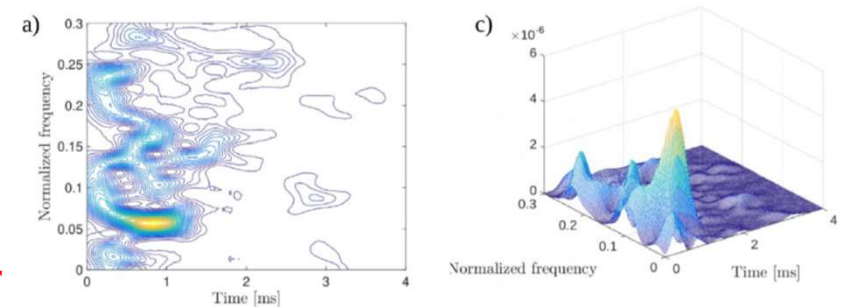
Déterminer ce que mesure réellement un capteur tribo-électrique



En absence d'usure, S-TENG est un capteur de vitesse auto-alimenté !

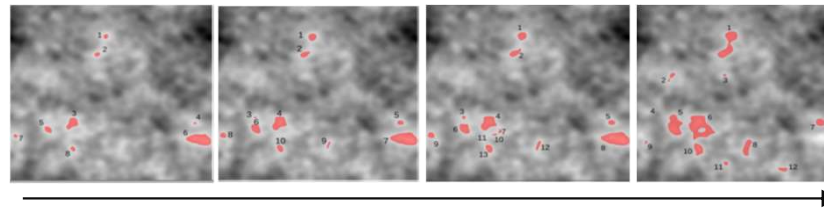
Capteurs de vitesse ou d'usure ?

- Aire de contact simulée par des TENGs en //
- Après FFT sur la tension de sortie :
Position du pic : raideur de contact d'une aspérité k^i
Amplitude du pic : vitesse de l'aspérité v^i
Spectrogramme : évolution de $A_r(t)$



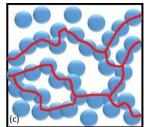
**TRIBOLOGY
INTERNATIONAL**

Ph. Stempfle, N. Ratier, Tribology International 179 (2023) 108083



A_r calculées avec la Théorie du Contact de Persson (TCP)

En présence d'usure : A_r évolue



Quand $A_r/A_0 < 0.45$ (Seuil de percolation) : Relation (1) entre fréquences vs Volume utilisé
→ Tous les pics de fréquences convergent sur un seul pic au seuil de percolation, $A_r/A_0 \approx 0.45$
→ Quand $A_r/A_0 > 0.45$: la relation (1) redevient licite

En présence d'usure, un S-TENG est un capteur d'usure auto-alimenté !

Projet en microstructure - comportement

Mesure des interactions entre les systèmes de glissement d'un monocristal par nano-indentation



Jalal Smiri

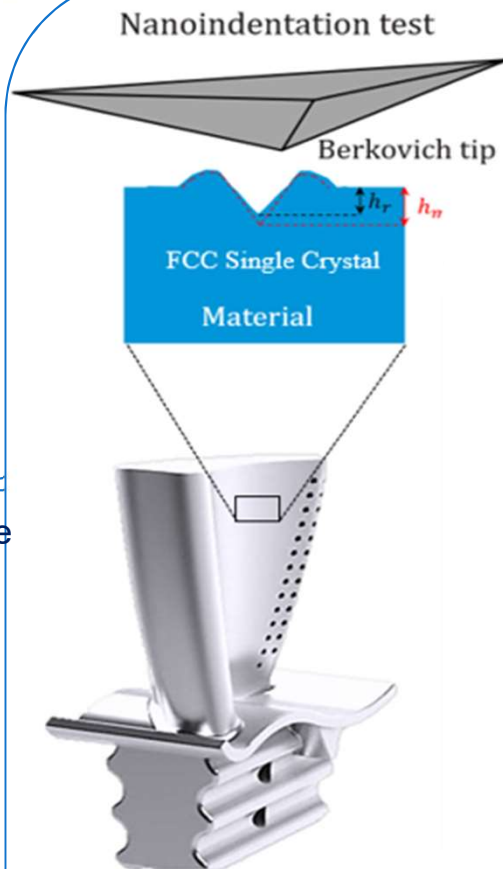
F. Richard
Y. Gaillard
A. Lejeune



G. Kermouche
C. Maurice
S. Sao-Joao
A. Villani



Projet
NOTIFICATION



Les coefficients d'interaction informent sur l'évolution de la structure et des contraintes en surface du matériau, mais ils sont très difficiles à évaluer. La nano-indentation offre une solution.

anr

femto-st
SCIENCES & TECHNOLOGIES

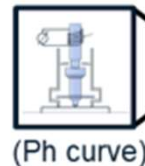


Lattice rotation

P-h curve

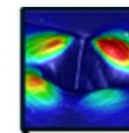
Residual Topography

Indentation
expérimentale



(Ph curve)

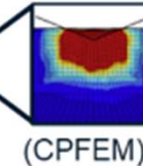
AFM



Topographie

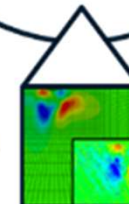
Propriétés locales ?

Indentation
numérique



(CPFEM)

HR EBSD



Désorientation,
contraintes
résiduelles

Perspectives industrielles : nourrir les modèles de simulation (ex : aube de turbine en fonctionnement) avec des valeurs fiables de ces coefficients d'interaction.

Projet en caractérisation des revêtements

Simulation de bandes de cisaillement sous indentation dans des revêtements de nitrure métallique



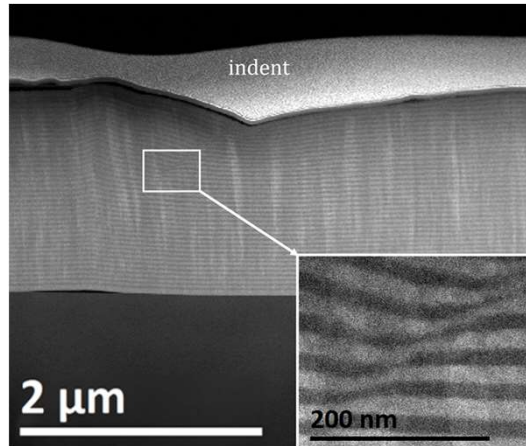
F. Richard
Y. Gaillard
A. Lejeune

Olivier Estienne

- Thèse en cours
- Revêtements monocouches
- Revêtements multicouches
- Collaboration avec le LPMT Mulhouse et le MACLE Orléans

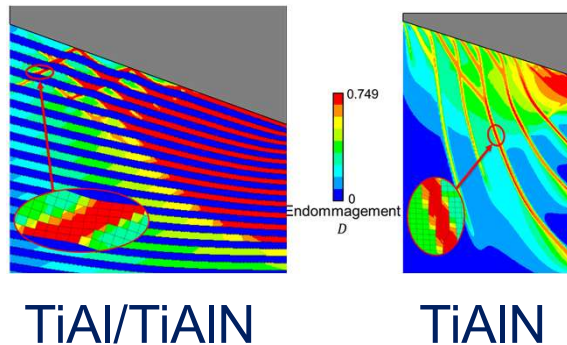


Projet MULTI-NANO-ULHC



Bande de cisaillement dans un revêtement TiAl/TiAlN de période 50 nm

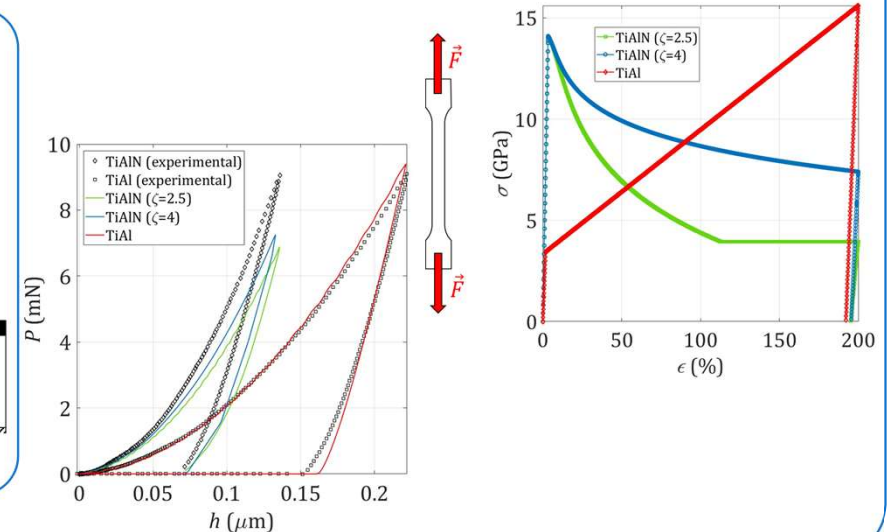
Simulations de l'indentation



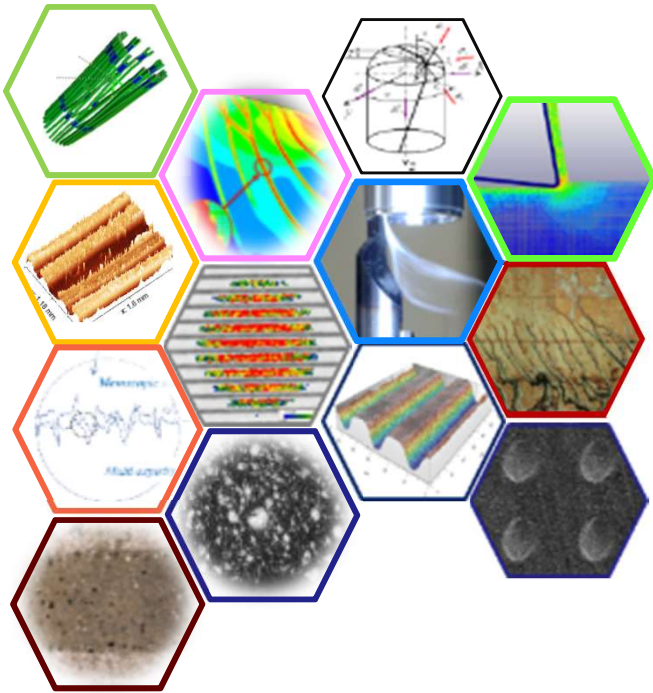
Loi de comportement

TiAl : Loi élasto-viscoplastique à écrouissage linéaire
TiAlN : Loi d'endommagement ductile de Lemaitre
+ paramètre de régulation ζ permettant d'éviter la localisation de l'endommagement

Identification des paramètres d'endommagement



Conclusion



- Mise en forme et rhéologie des polymères chargés
- Fabrication hybride additive-soustractive
- Usinage et μ -usinage à l'outil coupant
- Texturation au laser femto-seconde
- Solutions de fabrication moins impactantes
- Comportement des couches minces
- Nano-indentation et identification
- Tribologie et nano-tribologie
- Méthodes d'évaluation d'impact de l'ADEME

Contacts

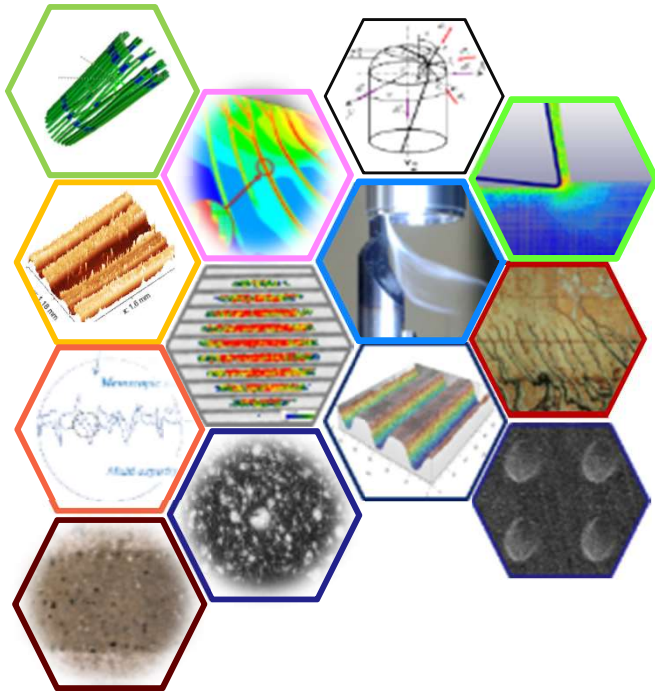
Réplication et Addition
Thierry.barriere@univ-fcomte.fr

Microstructure et Comportement
Fabrice.richard@univ-fcomte.fr

Usinage et Texturation
michael.fontaine@supmicrotech.fr

Surfaces et Interfaces
philippe.stempfle@supmicrotech.fr

Merci



Merci pour votre attention

Contacts

Réplication et Addition
Thierry.barriere@univ-fcomte.fr

Microstructure et Comportement
Fabrice.richard@univ-fcomte.fr

Usinage et Texturation
michael.fontaine@supmicrotech.fr

Surfaces et Interfaces
philippe.stempfle@supmicrotech.fr